

**METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE**

Patent Number: JP2003059831  
Publication date: 2003-02-28  
Inventor(s): YAMAZAKI SHUNPEI  
Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2003059831  
Application Number: JP20010248346 20010817  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/20; H01L21/336; H01L29/786  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing a semiconductor device which forms a crystalline semiconductor film, in which orientations are matched by controlling the crystal orientations and which obtains the crystalline semiconductor film, in which the concentration of an impurity is reduced.

**SOLUTION:** The method for manufacturing the semiconductor device comprises the steps of forming a first semiconductor region, made of an amorphous semiconductor on a surface of an insulator, scanning a continuous oscillation laser beam from one end of the first region to the other end, once melting the first region, crystallizing the first region, and thereafter etching the first region, to form an active layer of a TFT to form a second semiconductor region. In order to improve the field effect mobility of the TFT, the scanning direction of a laser beam is made to substantially coincides with a channel length direction in a thin film transistor, in a pattern of the second region formed through etching.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BEST AVAILABLE COPY**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H01L 21/20

H01L 21/20

5F052

21/336

29/78

627

G

5F110

29/786

627

Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全20頁)

(21) 出願番号 特願2001-248346(P 2001-248346)

(22) 出願日 平成13年8月17日(2001.8.17)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

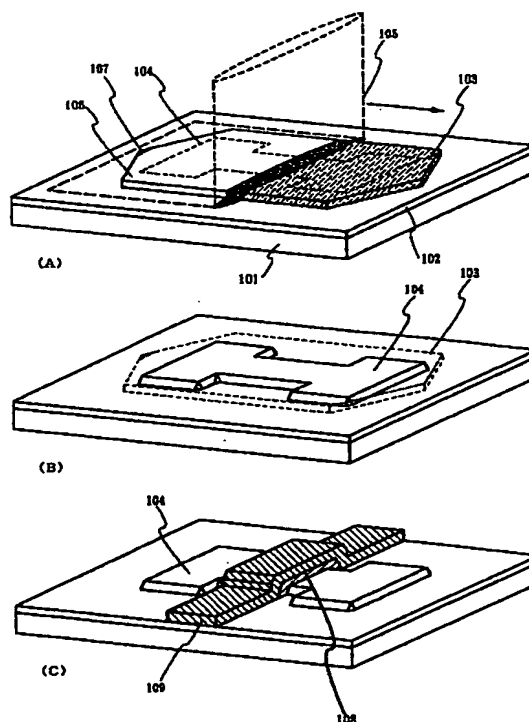
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 結晶方位を制御して、配向の揃った結晶質半導体膜を形成すると共に、不純物の濃度が低減された結晶質半導体膜を得る技術を提供することを目的とする。

【解決手段】 絶縁表面上に、非晶質半導体で成る第1半導体領域を形成し、第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、第1半導体領域を一旦熔融させて結晶化し、その後、TFTの活性層を形成するために第1半導体領域をエッチングして第2半導体領域を形成するものである。エッチングで形成される第2半導体領域のパターンは、TFTにおける電界効果移動度を向上させるために、レーザービームの走査方向と薄膜トランジスタにおけるチャネル長方向とを概略一致させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶化させ、その後、前記第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶化させ、前記第1半導体領域上に非単結晶半導体膜を形成し、加熱処理により当該非単結晶半導体膜に金属元素を偏析させ、その後、前記第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を形成し、前記結晶質半導体膜をエッチングして第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶性を改質し、その後、前記第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を選択的に添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を、該触媒元素が選択的に添加された領域から前記絶縁表面と平行な方向に結晶化させて結晶質半導体膜を形成し、前記結晶質半導体膜をエッチングして第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域において、結晶の成長方向と概略一致する方向に連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶性を改質し、その後、前記第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するような第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】請求項3又は請求項4において、前記結晶質半導体膜を形成した後に、前記触媒元素を除去するゲッタリング処理を行うことを特徴とする半導体装置の作

製方法。

【請求項6】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に第1非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて第1結晶質半導体膜を形成し、前記第1結晶質半導体膜をエッチングして、種結晶領域を形成し、前記絶縁表面上に、前記種結晶領域に重なる第2非晶質半導体膜を形成し、前記第2非晶質半導体膜をエッチングして、少なくとも一部が前記種結晶領域と重なる第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域において、前記種結晶領域と重なる一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶化させ、その後、前記種結晶領域及び第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】薄膜トランジスタを有する半導体装置の作製方法であって、絶縁表面上に珪素とゲルマニウムを含有する第1非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて第1結晶質半導体膜を形成し、前記第1結晶質半導体膜をエッチングして、種結晶領域を形成し、前記絶縁表面上に、前記種結晶領域に重なる第2非晶質半導体膜を形成し、前記第2非晶質半導体膜をエッチングして、少なくとも一部が前記種結晶領域と重なる第1半導体領域を形成し、前記第1半導体領域において、前記種結晶領域と重なる一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶化させ、その後、前記種結晶領域及び第1半導体領域をエッチングして、前記レーザービームの走査方向と、薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】請求項6又は請求項7において、前記第1半導体領域を結晶化させた後に、前記触媒元素を除去するゲッタリング処理を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、前記連続発振レーザービームは、複数のレーザービームを照射面に重ね合わせて照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】請求項1乃至請求項9のいずれか一項において、前記連続発振レーザービームの波長は、400nm乃至700nmであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザービームを用いた半導体装置の作製方法に関する。特に、非晶質半

導体膜をレーザービームにより結晶化させる工程を有する半導体装置の作製方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】 ガラスなどの絶縁表面上に形成した非晶質半導体膜を、レーザーアニールにより結晶化させる技術が開発されている。レーザーアニールとは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。適用されるレーザー発振装置は、エキシマレーザーに代表される気体レーザー、YAGレーザーに代表される固体レーザーであり、レーザービームの照射によって半導体をごく短時間加熱して結晶化させるものとして知られている。

【0003】 従来のレーザーアニール法の一例は特開平2-181419号公報に開示されているように、被照射物の全面にレーザービームが均一照射する方法や、特開昭62-104117号公報に開示のスポット状のビームを走査する方法や、或いは特開平8-195357号公報に開示のレーザー処理装置のように光学系にて線状にビームを加工して照射していた。

【0004】 上記特開昭62-104117号公報においては、レーザービームの走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として非晶質半導体膜を完全な熔融状態に至らしめることなく多結晶化する技術が開示されている。また、米国特許4,330,363号には島状に形成された半導体領域に、引き延ばされたレーザービームを照射して実質に単結晶領域を形成する技術が開示されている。

【0005】 レーザーアニールの特徴は、輻射加熱或いは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどが上げられている。

【0006】 近年におけるレーザーアニールの積極的な活用は、ガラス基板上への多結晶シリコン膜の形成にあり、このプロセスは液晶表示装置のスイッチング素子として用いられる薄膜トランジスタ(TFT)の作製に应用されている。エキシマレーザーを使うと半導体膜が形成された領域しか熱的な影響を与えないため、安価なガラス基板を用いることが可能となり高精細ディスプレイの開発が進められている。

【0007】 レーザーアニールによって結晶化した多結晶シリコン膜で作製されるTFTは比較的高い周波数で駆動できるので、画素に設けるスイッチング素子のみでなく、駆動回路をガラス基板上に形成することも可能となっている。パターンのデザインルールは5~20μm程度であり、駆動回路及び画素部にそれぞれ10'~10'個程度のTFTがガラス基板上に作り込まれている。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 レーザーアニールによるアモルファスシリコンの結晶化は、熔融-固化の過程を経て成されるが、詳細には結晶核の生成とその核からの結晶成長との段階に分けて考えられている。しかしながら、パルスレーザービームを用いたレーザーアニールは、結晶核の生成位置と生成密度を制御することができず、自然発生する結晶核に期待しているのが現状である。従って、結晶粒はガラス基板の面内で任意の位置に形成され、そのサイズも0.2~0.5μm程度と小さなものしか得られていない。通常、結晶粒界には多数の欠陥が生成されるので、それがTFTの電界効果移動度を制限する要因であると考えられている。

【0009】 非熔融領域に形成されると言われるパルスレーザーアニールでは、結晶核に起因する結晶成長が支配的となり、結晶の大粒径化を実現することができない。具体的には、TFTのチャネル領域に結晶粒界の存在しないような、素子レベルで見て実質的に単結晶状の結晶を形成することはできない。

【0010】 結晶粒界に限らず、生成される欠陥又は転位は、結晶化に伴う緻密化により、膜の体積が収縮することで発生する。特に、体積収縮に伴う欠陥は、島状に分割した半導体膜において、その外周部に生成することが指摘されている。

【0011】 一方、連続発振レーザービームを走査して熔融-固化させながら結晶化する方法は、ゾーンメルティング法に近い方法であると考えられ、連続的な結晶成長により大粒径化が可能であると考えられている。しかし、最初に結晶化される種となる領域の結晶性により、得られる結晶の品質は依存してしまうことが問題である。

【0012】 ところで、半導体膜を加熱することができるレーザービームの波長は、紫外域~赤外域に渡って広い範囲で存在するが、基板上に形成された半導体膜又は半導体領域を選択的に加熱するには、半導体の吸収係数との関係で紫外域~可視光域の波長を有するレーザービームを適用するのが好ましいと考えられる。ところが、可視光域においても比較的高い出力が得られる固体レーザーの光は、コヒーレント性が強く照射面において干渉が発生し、均一なレーザービームを照射することが困難である。

【0013】 また、パルスレーザービームより長い時間熔融状態を持つ連続発振レーザービームの結晶化は、外部から不純物が結晶に取り込まれる割合が増加して、それが偏析することにより、たとえ結晶性が改善されたとしても、不純物に起因する欠陥が形成され、結局結晶の品質は悪化してしまう。

【0014】 本発明は、上記問題点を鑑みなされたものであり、結晶方位を制御して、配向の揃った結晶質半導体膜を形成すると共に、不純物の濃度が低減された結晶質半導体膜を得る技術を提供することを目的とする。

## 【0015】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するため、本発明の半導体装置の作製方法は、珪素の酸化物又は窒化物又はそれらの混合体、或いは、アルミニウムの酸化物又は窒化物又はそれらの混合体で形成される絶縁表面上に、非晶質半導体で成る第1半導体領域を形成し、第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、第1半導体領域を一旦溶解させて結晶化し、その後、TFTの活性層を形成するために第1半導体領域をエッチングして第2半導体領域を形成するものである。エッチングで形成される第2半導体領域のパターンは、TFTにおける電界効果移動度を向上させるために、レーザービームの走査方向と薄膜トランジスタにおけるチャンネル長方向とを概略一致させる。

【0016】第1半導体領域は、絶縁表面上に形成された非晶質半導体膜をエッチングして所定のパターンに形成したものが適用される。即ち、非晶質半導体で形成すれば良い。他の形態として、予め結晶化されているものであっても良い。

【0017】その場合における半導体装置の作製方法は、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて結晶質半導体膜を形成し、結晶質半導体膜をエッチングして第1半導体領域を形成し、第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶性を改質し、その後、第1半導体領域をエッチングして、レーザービームの走査方向とTFTにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成するものである。

【0018】或いは、絶縁表面上に非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を選択的に添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を、該触媒元素が選択的に添加された領域から絶縁表面と平行な方向に結晶化させて結晶質半導体膜を形成し、結晶質半導体膜をエッチングして第1半導体領域を形成し、第1半導体領域において、結晶の成長方向と概略一致する方向に連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶性を改質し、その後、第1半導体領域をエッチングして、レーザービームの走査方向と、TFTにおけるチャンネル長方向とが概略一致するような第2半導体領域を形成するものである。

【0019】TFTの活性層として最終的に形成される第2半導体領域の結晶方位を予め決めるための適した方法は、第1半導体領域の結晶化の前に、予め第1半導体領域に接して種となるシード領域を形成しておく手法が適用される。

【0020】その場合における半導体装置の作製方法は、絶縁表面上に第1非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて第1結晶質半導体膜を形成し、第1結晶質

半導体膜をエッチングして第1半導体領域を形成し、絶縁表面上に、第1半導体領域に重なる第2非晶質半導体膜を形成し、第2非晶質半導体膜をエッチングして、少なくとも一部が前記第1半導体領域と重なる第2半導体領域を形成し、第2半導体領域において、第1半導体領域と重なる一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して当該第2半導体領域を結晶化させ、その後、第1半導体領域及び第2半導体領域をエッチングして、レーザービームの走査方向と、TFTにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第3半導体領域を形成するものである。

【0021】或いは、他の構成として、絶縁表面上に珪素とゲルマニウムを含有する第1非晶質半導体膜を形成し、触媒元素を添加した後、加熱処理により当該非晶質半導体膜を結晶化させて第1結晶質半導体膜を形成し、第1結晶質半導体膜をエッチングして種結晶領域を形成し、絶縁表面上に種結晶領域に重なる第2非晶質半導体膜を形成し、第2非晶質半導体膜をエッチングして、少なくとも一部が種結晶領域と重なる第1半導体領域を形成し、第1半導体領域において、種結晶領域と重なる一端から他端に向けて連続発振レーザービームを走査して、当該第1半導体領域を結晶化させ、その後、種結晶領域及び第1半導体領域をエッチングして、レーザービームの走査方向と、TFTにおけるチャンネル長方向とが概略一致するように第2半導体領域を形成するものである。

【0022】珪素とゲルマニウムを含有する非晶質半導体膜に触媒元素を添加して結晶化させることで、{101}面の配向率が高い結晶質半導体膜を得ることができる。このような作用を発現させるのに必要なゲルマニウムの濃度は、実験の結果珪素に対し、0.1原子%以上10原子%以下、好ましくは1原子%以上5原子%以下とすれば良いことが分かっている。ゲルマニウムの濃度がこの上限値以上の濃度になると珪素とゲルマニウムの合金材料として発生する自然核（添加する金属元素との化合物によらず発生する核）の発生が顕著となり、得られる多結晶半導体膜の配向比率を高めることができない。また、下限値以下であると十分な歪を発生させることができず、やはり配向比率を高めることができない。そして、それをシード領域とすることにより、最終的に形成される第3半導体領域の配向率を高め、単一配向の結晶質半導体を得ることができる。

【0023】適用される触媒元素としてはFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種又は複数種を用いる。また、非晶質半導体膜の厚さは10nm乃至200nmで形成する。非晶質珪素膜に当該金属元素を添加して加熱処理を施すことにより、珪素と当該金属元素との化合物（シリサイド化物）を形成し、それが拡散することにより結晶化が進行する。非晶質珪素膜に添加したゲルマニウムはこの化合

物と反応せず、その周囲に存在することにより局所的な歪みを生じさせる。この歪みは核生成の臨界半径を大きくする方向に作用して、核生成密度を低減させると共に、結晶の配向を制限する効力を持つ。

【0024】結晶質半導体膜において、結晶化に用いた触媒元素、又は溶融状態を経ることにより外部から取り込まれた不純物を除去する手段として、ゲッタリング処理を適用することができる。歪み場を形成するゲッタリングサイト（不純物を偏析させる領域）は、リン又はアルゴン等の周期律18族元素が添加された非晶質半導体又は結晶質半導体が適している。ゲッタリング処理により、上述の触媒元素、又は結晶化の過程で混入したその他の金属元素を除去することができ、不純物に起因する欠陥密度を低減することができる。

【0025】上記発明の構成において、絶縁表面を形成するための基板は、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスに代表される無アルカリガラス、石英、シリコンウエハーなどの半導体基板を適用することができる。

【0026】結晶化に用いるレーザービームを放射するレーザー発振装置には、気体レーザー発振装置、固体レーザー発振装置が適用され、特に連続発振可能なレーザー発振装置を適用する。連続発振の固体レーザー発振装置としては、YAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub>などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使ったレーザー発振装置が適用される。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、1μmから2μmの波長で発振する。非晶質半導体膜を結晶化させるためにはレーザービームを半導体膜で選択的に吸収させるために、可視域から紫外域の波長のレーザービームを適用し、基本波の第2高調波～第4高調波を適用するのが好ましい。代表的には、非晶質半導体膜の結晶化に際して、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザー（基本波1064nm）の第2高調波（532nm）を用いる。その他に、アルゴンレーザー、クリプトンレーザーなどの気体レーザー発振装置を適用することもできる。

【0027】いずれにしても、半導体膜の吸収係数との関係から、連続発振レーザービームの波長は、400nm乃至700nmであることが望ましい。それよりも長波長領域の光では、半導体の吸収係数が小さく、溶融させるためにパワー密度を高めると、基板まで熱的なダメージを受けてしまう。また、それよりも短波長領域の光では、半導体の表面で殆どが吸収され内部から加熱することが出来ないため、表面状態の影響を受けてランダムな結晶成長が支配的となってしまう。

【0028】固体レーザー発振装置から放射されるレーザービームはコヒーレント性が強く照射面において干渉が発生してしまうので、これを打ち消す手段として、異なるレーザー発振装置から放射される複数のレーザービームを照射部において重ね合わせる構成とする。このよ

うな構成とすることにより、干渉を除去するばかりでなく、照射部における実質的なエネルギー密度を増加させることができる。また、他の手段として、異なるレーザー発振装置から放射される複数のレーザービームを、光学系の途中で同一の光軸に重ね合わせた構成としても良い。

【0029】上記干渉を除去する手段を設けたレーザー処理装置の構成としては、n（n＝自然数）個の光学系を有し、第nの光学系は、第nのレーザー発振装置と、第nのY軸方向にレーザービームを操作する偏向手段と、第nのX軸方向にレーザービームを走査する偏向手段と、第nのfθレンズと、から成り、n個の光学系により集光され偏向されたn本のレーザービームは、被処理物の概略同一位置に照射する構成をもって実現することができる。偏向手段としてはガルバノミラーを適用することができる。

【0030】上記レーザー処理装置の構成により、半導体を溶融させるのに十分なエネルギー密度のレーザービームを、照射部において干渉を生じさせることなく照射することができ、偏向手段によりレーザービームの位置を制御して走査することにより、大面積基板であっても半導体領域が形成された特定領域のみを処理することができる。よって、結晶化工程におけるスループットを上させることができる。

【0031】尚、本発明でいう非晶質半導体膜とは、狭義の意味で、完全な非晶質構造を有するものだけではなく、微細な結晶粒子が含まれた状態、又はいわゆる微結晶半導体膜、局所的に結晶構造を含む半導体膜を含む。代表的には非晶質シリコン膜が適用され、その他に非晶質シリコンゲルマニウム膜、非晶質シリコンカーバイド膜などを適用することもできる。

#### 【0032】

【発明の実施の形態】[実施形態1]以下、図面を参照して本発明の実施の態様を明する。図1（A）において示す斜視図は、基板101上にブロッキング層102、第1半導体領域103が形成されている状態を示している。半導体領域を形成する材料は、珪素、珪素とゲルマニウムの化合物又は合金、珪素と炭素の化合物又は合金が適用される。この中で最も適した材料は珪素である。

【0033】第1半導体領域103からは、点線で示す位置にTFETの活性層104が形成される。活性層104形成領域は、半導体領域103の端部に至らない内側に形成する。尚、ここで活性層とは、TFETのチャネル形成領域と、ソース又はドレイン領域などのように価電子制御された不純物領域を含んでいう。

【0034】レーザービーム105は半導体領域103に対して一方向に走査して結晶化させる。又は、最初に走査した方向と平行にして往復走査しても良い。適用されるレーザービームはYAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub>などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶

を使ったレーザー発振装置から放射されるレーザービームの第2高調波であり、ドーパントにNdを使っている場合には532nmの波長が得られる。勿論、波長はこの値に限定されるものではなく、第1半導体領域を形成する材料の吸収係数を考慮して決めれば良い。

【0035】最も適した材料として選ばれる珪素の場合、吸収係数が $10^3 \sim 10^4 \text{ cm}^{-1}$ である領域はほぼ可視光域にある。ガラスなど可視光透過率の高い基板と、珪素により30~200nmの厚さをもって形成される第1半導体領域を組み合わせる場合、波長400~700nmの可視光域の光を照射することで、当該半導体領域を選択的に加熱することができる。

【0036】具体的には、非晶質珪素膜で形成される第1半導体領域103の532nmに対する光に侵入長は概略100nm~1000nmであり、膜厚30nm~200nmで形成される第1半導体領域の内部まで十分達することができる。即ち、半導体膜の内側から加熱することが可能であり、レーザービームの照射領域における半導体膜のほぼ全体を均一に加熱することができる。

【0037】レーザービームの照射方法は図1(A)で示すように基板101に対して第1半導体領域103が形成された側からでも良いし、ガラス又は石英から成る基板が適用されている場合には基板101側から照射しても良い。また、レーザービームの照射面における形状は、楕円形、矩形など特に制限されるものはないが、好ましくは、島状に分割形成された第1半導体領域103の一辺の長さよりも長いことが望ましい。

【0038】非晶質半導体膜が結晶化することによって、含有する水素の放出や、原子の再配列による緻密化が起こり体積の収縮が発生する。従って、非晶質領域と結晶領域の界面では、格子連続性も確保されず、歪みが生じることになる。図1(A)の様に第1半導体領域103の結晶化領域106の内側にTFEの活性層104を形成することは、この歪み領域を除去することでもある。

【0039】図1(A)で示す第1半導体領域103の特徴的な形状は、角部にシード領域107が設けられたものであり、この部分からレーザービームを照射することにより、単一の結晶方位をもった半導体領域を形成することができる。結晶成長は、シード領域107に最初に形成される結晶、又は予め形成されている結晶を基に発生する。このシード領域にある結晶を種結晶と呼ぶが、これは偶発的に形成される結晶であっても良いし、触媒元素又は特定の元素を添加して意図的に結晶方位が定められた結晶を適用しても良い。

【0040】触媒元素を用いた非晶質半導体膜の結晶化は、比較的高い配向率をもった結晶質半導体膜を得ることができる点で適している。適用される触媒元素としてはFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種又は複数種を用い

る。非晶質半導体膜の厚さは10nm乃至200nmで形成する。

【0041】また、特定元素として適したものはゲルマニウムであり、{101}面の配向率が高い結晶質半導体膜を得ることができる。このような作用を発現させるのに必要なゲルマニウムの濃度は、実験の結果珪素に対し、0.1原子%以上10原子%以下、好ましくは1原子%以上5原子%以下とすれば良い。非晶質珪素膜に当該金属元素を添加して加熱処理を施すことにより、珪素と当該金属元素との化合物(シリサイド化物)を形成し、それが拡散することにより結晶化が進行する。非晶質珪素膜に添加したゲルマニウムはこの化合物と反応せず、その周囲に存在することにより局所的な歪みを生じさせる。この歪みは核生成の臨界半径を大きくする方向に作用して、核生成密度を低減させると共に、結晶の配向を制限する効力を持つ。

【0042】図2ではシード領域107から結晶が成長する過程を示すものであるが、第1半導体領域103の一端に設けられたシード領域107からレーザービーム105が照射され、半導体を溶融させながら他端に向かって走査することにより、その方向に従って結晶を成長させることができる。この時、レーザービームが連続発振されたものであり、定常的に溶融領域が保持されることにより連続した結晶を成長させることが可能となる。勿論、成長する結晶は、単一の結晶方位を持つことになる。シード領域107に発現する結晶は偶発的なものでも良いが、Niなどの触媒元素を添加することで{101}面の配向した結晶を得る確率が高くなる。また、ゲルマニウムを添加することで、その確率はさらに高まる。

【0043】シード領域における結晶の選択性をより高める形状としては、図3に示すようにシード領域107が第1半導体領域103から突出した形状としても良い。突出部の幅は1~5 $\mu\text{m}$ とすることで、複数の結晶粒が自然発生するのを防ぐことができる。

【0044】また、図4で示す形態は、第1半導体領域103を形成する前の段階でシード領域107を形成する場合に適した形状であり、選択領域110はシード領域107から成長する結晶方位を一つに選択し、第1半導体領域103に連結するために設けられている。この場合におけるシード領域107は、第1半導体領域103とは別な層で形成された半導体で形成されるものであり、触媒元素を添加して結晶化された結晶質半導体膜、又は珪素にゲルマニウムが添加された非晶質半導体膜に触媒元素を添加して結晶化された結晶質半導体膜などが適用される。これらの結晶質半導体膜は配向率が高いため、これを利用すると再現性良く同一の結晶方位を有する結晶質半導体膜を形成することができる。

【0045】連続発振レーザービームの照射により第1半導体領域103の全体を結晶化した後、好ましくはゲ

ッターリング処理を加えると良い。連続発振レーザービームの照射により半導体は熔融状態となるが、その時間はビームの走査速度にも依存する。凡そ10~100cm/secの走査速度が適用されるが、外部環境から不純物が混入することを完全に防ぐことはできない。好ましくない不純物としては酸素、窒素、炭素などの大気成分もあるが、その他のFe、Ni、Crなど装置の構成部材に起因する金属不純物がある。

【0046】ゲッターリングは、第1半導体領域に接して歪み場を形成する半導体膜を形成した後、加熱処理により不純物を偏析させる。歪み場を形成する半導体膜としては、リンを添加した非晶質半導体膜、アルゴンなど周期律18族元素を添加した非晶質半導体膜などが適している。加熱温度は500~800℃であり、ファーネスアニール炉、瞬間熱アニール(RTA)炉などを用いて行う。この時、レーザービームを照射して反応を促進させても良い。

【0047】その後、図1(B)で示すようにエッチングにより活性層108を形成する。その後、図1(C)に示す如く、ゲート絶縁膜108及びゲート電極109を形成し、また、半導体領域にソース及びドレイン領域を形成し、必要な配線を設ければTFTを形成することができる。図1(C)と図1(A)を対比して明らかにように、完成したTFTにおけるチャンネル長方向と、レーザービームの走査方向は同じ方向とする。

【0048】こうしたレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより、その走査方向に大粒径の結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10~100cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた熔融-固化を経た結晶成長速度は1m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面における連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。レーザービームを走査する方向は一方に限定されるものではなく、往復走査をしても良い。

【0049】このような処理を可能とするレーザー処理装置の一例は、図5及び図6に示す構成である。このレーザー処理装置は、基板の任意の位置を指定してレーザービーム照射して結晶化することを可能とするものであり、複数の方向から複数のレーザービームを照射することにより、さらにスループットを向上させることができる。さらに、レーザービームを照射面において重ね合わせ、レーザー処理に必要なエネルギー密度と、光の干渉を除去することが可能な構成となっていることが特徴である。

【0050】図5はそのようなレーザー処理装置の構成を示す上面図であり、図6はそれに対応する断面図であ

る。図5と図6においては説明の便宜上、共通の符号を用いる。

【0051】第1光学系401は、レーザー発振装置301a、レンズ群302a、第1ガルバノミラー303a、第2ガルバノミラー304a、fθレンズ305aから成っている。ここで、第1ガルバノミラー303a、第2ガルバノミラー304aが偏向手段として設けられたものである。

【0052】第2光学系402、第3光学系403も同様の構成であり、レーザービームは第1ガルバノミラーと第2ガルバノミラーの回転角のより偏向方向が制御され、載置台306上の被処理物307に照射される。ビーム径はレンズ群302及び必要があればスリット等を設けることで任意の形状とすることができるが、概略数十μm~数百μmの円形、楕円形、又は矩形とすれば良い。載置台306は固定とするが、レーザービームの走査と同期させることも可能であるので、XYθ方向に移動可能としても良い。

【0053】そして、第1乃至第3の光学系により被処理物に照射されるレーザービームを重ね合わせることににより、レーザー処理に必要なエネルギー密度と、光の干渉を除去することが可能となる。異なるレーザー発振装置から放射されるレーザービームはそれぞれ位相が異なっているので、これらを重ね合わせることににより干渉を低減することができる。

【0054】尚、ここでは第1乃至第3光学系から放射される3本のレーザービームを重ね合わせる構成を示しているが、同様の効果はこの数に限定されず、複数本のレーザービームを重ね合わせることで目的は達せられる。また、同様な効果が得られるものであれば、レーザー処理装置の構成は図5及び図6で示す構成に限定されるものはない。

【0055】また、レーザー処理装置の他の構成としては、図23で示す構成の装置も適用可能である。図23の構成は、レーザー発振装置2301、ビームエキスパンダー2302、ミラー2303、シリンドリカルレンズ2304、凸レンズ2305、載置台2305から成る装置である。光学系においては、ビームエキスパンダー2302によりレーザー発振装置2301から放射されるビーム径を広げ、シリンドリカルレンズ2304でビーム形状を楕円にしている。さらにレーザーアニールに必要なエネルギー密度を得るために凸レンズ2305を設け集光している。こうして、レーザービームを楕円にすることで、照射面積を広くできる。

【0056】また、この装置では、載置台2305を移動手段により一方又は二方向に動かすことにより基板2306のレーザーアニールを可能としている。レーザービームの入射角を特定角度とすることにより、基板2306で反射したレーザービーム(戻り光)が再び光学系に入射しない構成としている。



【0057】このような構成のレーザー処理装置を用い、図1を用いて説明したようにレーザービームの走査方向とTFTにおけるチャネル長方向とを概略一致させることにより、結晶方位が単一配向となり、電界効果移動度を向上させることができる。また、結晶面が制御された種結晶が形成をシード領域を設けることにより、単一配向の活性層を形成することが可能となり、トップゲート型TFTにおいては、その上に形成するゲート絶縁膜の膜質がばらつくことが無くなり、しきい値電圧のバラツキを低減することも可能となる。勿論、本発明はボトムゲート型（又は逆スタガ型ともいう）のTFTにも適用することができる。

【0058】

【実施例】以下、実施例により本発明に係る半導体装置の作製方法の具体例を図面を参照して詳細に示す。

【0059】[実施例1]本実施例は、絶縁表面上に形成された非晶質珪素膜を写真蝕刻により所定のパターンにエッチングして第1半導体領域を形成し、それを連続発振レーザービームで結晶化させるものである。

【0060】図7において、ガラス基板401上に100nmの酸化窒化珪素膜でなるバリア層402が形成されている。その上にある第1半導体領域403は、厚さ100nmのプラズマCVD法により形成された非晶質珪素膜である。尚、図7において（A）は第1半導体領域403の上面図、（B）は基板を含め断面構造を示す図である。この段階では具現化されないが、点線で示すように第1半導体領域403の端部に至らない内側にTFTの活性層405a、405bが形成されるものである。

【0061】シード領域404は、第1半導体領域403の長手方向に一端に形成され、本実施例の場合、レーザービームの照射によってこの領域で発現する結晶方位が、第1半導体領域403の結晶方位とすることができる。

【0062】図8は、連続発振レーザービームによる結晶化の段階を示す図である。レーザービーム406の照射面積は、第1半導体領域よりも小さくても良いが、その長手方向が第1半導体領域の短手方向と交差するようにして照射する。ビーム形状は矩形、線形、楕円系など任意なものとしてすることができるが、いずれにしても図8で示すように照射して、結晶化が第1半導体領域403の一端から他端に成長するようにする。このようなレーザービームの照射は、図5と図6で示す構成のレーザー処理装置、又は図23で示す構成のレーザー処理装置が適用される。光学系にて集光したレーザービームは、中央部と端部で必ずしもエネルギー強度が一定ではないので、第1半導体領域403がビームの端部にかからないようにすることが望ましい。

【0063】こうして、レーザービーム406が照射された領域から結晶化が進み、結晶質半導体407を得ることができる。

【0064】その後、図9（A）（B）で示すように、結晶化された第1半導体領域403を写真蝕刻により活性層405a、405bとなる所定のパターンにエッチングする。トップゲート型TFTとするには、活性層405a、405b上にゲート絶縁膜、ゲート電極、一導電型不純物領域を形成してTFTを形成することができる。その後、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成すれば良い。

【0065】TFTを用いるアクティブマトリクス型表示装置は、その機能的な区分から画素部と駆動回路部とに構成を分けて見ることができる。本実施例で形成される活性層を用いたTFTではそれらを同一基板上に一体形成することが可能である。図25はTFT基板1201と、レーザービームの照射方向との関係を詳細に示すものである。TFT基板1201には画素部1202、駆動回路部1203、1204が形成される領域を点線で示している。第1半導体領域はそれぞれの領域に形成されており、この状態における活性層の形成方法を図25中にある拡大図1304、1305、1306で示す。

【0066】例えば、駆動回路部1203は走査線駆動回路を形成する領域であり、その部分拡大図1305には活性層1258を形成する第1半導体領域1251が形成されている。第1半導体領域1251の配置は、矢印で示す方向に連続発振レーザービーム1405の走査を可能にしている。活性層1258の形状は任意なものを適用することができるが、いずれにしてもチャネル長方向とレーザービームの走査方向とを揃えている。

【0067】また、駆動回路部1203と交差する方向に延設する駆動回路部1204はデータ線駆動回路を形成する領域であり、第1半導体領域1250が形成されており、そこから形成される活性層1257と、レーザービーム1404の走査方向を一致させている（拡大図1304）。また、画素部1202も同様であり、拡大図1306に示す如く、第1半導体領域1252が形成されており、そこから形成される活性層1259と、レーザービーム1406の走査方向を一致させている。この配列により、レーザービームは全て同一方向に走査すれば良いので、処理時間をより短縮することが可能である。

【0068】このようなレーザービームの照射方法において、連続発振のレーザービームを照射することにより単一配向でレーザービームの走査方向に結晶粒が延在する結晶成長を可能とする。勿論、それはレーザービームの走査速度やエネルギー密度等の詳細なパラメータを適宜設定する必要があるが、走査速度を10～100cm/secとすることによりそれを実現することができる。パルスレーザーを用いた溶融-固化を経た結晶成長速度は1m/secとも言われているが、それよりも遅い速度でレーザービームを走査して、徐冷することにより固液界面に

おける連続的な結晶成長が可能となり、結晶の大粒径化を実現することができる。

【0069】[実施例2]実施例1のレーザービームの走査は一方方向のみの走査でなく、往復走査をしても良い。図10にその態様を示すが、その場合、シード領域404a、404bは第1半導体領域403の両端に設けても良い。往復走査する場合には1回の走査毎にレーザーエネルギー密度を変え、段階的に結晶成長をさせることも可能である。また、非晶質珪素膜を結晶化させる場合にしばしば必要となる水素出しの処理を兼ねることも可能であり、最初に低エネルギー密度で走査し、水素を放出した後、エネルギー密度を上げて2回目に走査で結晶化を完達させても良い。このような作製方法によっても同様にレーザービームの走査方向に結晶粒が延在する結晶質半導体膜を得ることができる。

【0070】[実施例3]本実施例は、絶縁表面上に形成された非晶質珪素膜を予め結晶化しておき、さらに連続発振レーザービームにより結晶の大粒径化を図るものである。

【0071】図11(A)に示すように、実施例1と同様にガラス基板501上にブロッキング層502、非晶質珪素膜503を形成する。その上にマスク絶縁膜504として100nmの酸化珪素膜をプラズマCVD法で形成し、開口部505を設ける。その後、触媒元素としてNiを添加するため、酢酸ニッケル塩が5ppmの水溶液をスピン塗布する。Niは開口部505で非晶珪素膜と接する。この開口部505を形成する位置は、後に形成される第1半導体領域のシード領域又はその外側に位置するように形成する。

【0072】その後、図11(B)で示すように580℃、4時間の加熱処理により非晶質珪素膜を結晶化させる。結晶化は触媒元素の作用により、開口部505から基板表面と平行な方向に成長する。こうして形成された結晶質珪素膜507は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的にはある特定の方向性をもって成長しているため、結晶性が揃っている。また、特定方位の配向率が高いという特徴がある。

【0073】加熱処理が終了したらマスク絶縁膜504をエッチング除去することにより図11(C)で示すような結晶質珪素膜507を得ることができる。

【0074】その後、図12で示すように結晶質珪素膜507を写真蝕刻により所定のパターンにエッチングして第1半導体領域508を形成する。TFTの活性層510a、510bが形成されるべき領域は第1半導体領域508の内側に位置し、図12で示すように連続発振レーザービーム509は一方方向に走査する。或いは往復走査する。

【0075】このようなレーザービームの照射により結晶質珪素膜は溶融し再結晶化する。この再結晶化に伴って、レーザービームの走査方向に結晶粒が延在する結晶

成長が成される。この場合、予め結晶面が揃った結晶質珪素膜が形成されているので、異なる面の結晶の析出や転位の発生を防ぐことができる。以降は、実施例1と同様な処理により、TFTを形成することができる。

【0076】[実施例4]実施例3と同様に、ガラス基板501、ブロッキング層502、非晶質珪素膜503を形成した後、全面に触媒元素としてNiを添加する。Niの添加法に限定はなく、スピン塗布法、蒸着法、スパッタ法などを適用することができる。スピン塗布法による場合には酢酸ニッケル塩が5ppmの水溶液を塗布して触媒元素含有層506を形成する(図13(A))。

【0077】その後、580℃、4時間の加熱処理により非晶質珪素膜503を結晶化させる。こうして図13(B)で示すように、結晶質珪素膜507を得ることができる。この結晶質珪素膜507も同様に、棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的にはある特定の方向性をもって成長しているため、結晶性が揃っている。また、特定方位の配向率が高いという特徴がある。以降は、実施例3と同様に処理すれば良い。

【0078】[実施例5]実施例3又は実施例4において、結晶質珪素膜507を形成した後、膜中に $1.0^{11}/\text{cm}^3$ 以上の濃度で残存する触媒元素をゲッターリングにより除去する工程を加えても良い。

【0079】図14で示すように、結晶質珪素膜507上に、薄い酸化珪素膜で成るバリア層511を形成し、その上にゲッターリングサイト512としてアルゴンが $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 添加された非晶質珪素膜を形成する。

【0080】その後、ファーネスアニール炉による600℃、12時間の加熱処理、又はランプアニール或いはガス加熱アニールによる650～750℃、30～60分の加熱処理により、触媒元素として添加されているNiをゲッターリングサイト512に偏析させることができる。この処理により、結晶質珪素膜507の触媒元素濃度は $1.0^{11}/\text{cm}^3$ 以下とすることができる。

【0081】ゲッターリング処理が終了した後は、実施例3又は実施例4と同様にして工程を進めれば良い。

【0082】[実施例6]シード領域に予め結晶方位の定まった結晶質半導体膜を形成しておくことで、第1半導体領域に結晶方位を揃えることができる。まず、図15(A)示すように、ガラス基板601上にブロッキング層602を形成し、その上に非晶質珪素膜603を形成する。非晶質珪素膜603は結晶化してシード領域を形成する目的においてはあまり厚くする必要はなく、30～100nm程度の厚さで形成する。その後、触媒元素含有層604を形成する。この形成方法は、実施例3又は実施例4と同様にして行えば良い。

【0083】その後、加熱処理により結晶質化して結晶質珪素膜605を得る。この段階で実施例5と同様にし

605を写真蝕刻により所定のパターンにエッチングして、図15(C)に示すようにシード領域に位置する種結晶606を形成する。そして、ガラス基板601の全面に非晶質珪素膜607を150nmの厚さで形成する。

【0084】非晶質珪素膜607は写真蝕刻により所定のパターンにエッチングして第1半導体領域608を形成する。第1半導体領域607に端部にはシード領域609が形成されるが、この領域には種結晶606が重ねて設けられている。点線で示す活性層610a、610bを形成する領域は第1半導体領域608の内側に配置されるようにする。

【0085】その後、図17で示すように第1半導体領域の一端から他端に向けて連続発振レーザービーム611を走査して結晶化させる。連続発振レーザービーム611がシード領域609から走査されることにより、形成される結晶化領域612は種結晶606と同じ結晶方位をもって形成されるものとして形成することができる。

【0086】その後、図18に示すように、結晶化された第1半導体領域608を写真蝕刻により活性層612a、612bが形成されるべき所定のパターンにエッチングする。トップゲート型TFTとするには、活性層612a、612b上にゲート絶縁膜、ゲート電極、一導電型不純物領域を形成してTFTを形成することができる。その後、必要に応じて配線や層間絶縁膜等を形成すれば良い。

【0087】【実施例7】実施例6において、種結晶606をゲルマニウムを含有する結晶質珪素膜で形成することもできる。これは、図15(A)において、非晶質珪素膜に変わって、0.1乃至10原子%、好ましくは1原子%〜5原子%の割合でゲルマニウムを含有する非晶質珪素膜を形成することで、その他は同様に行えば良い。

【0088】ゲルマニウムを含有する結晶質珪素膜を用いることの利点は配向率の高さにあり、{101}面の配向率を40〜90%に高めることができる。このような結晶質珪素膜で種結晶を形成することで、第1半導体領域、即ち活性層の配向配向率を高めることができる。

【0089】【実施例8】本発明は、ゲート電極が基板と半導体膜の間に配置されるボトムゲート型のTFTの作製工程にも適用できる。図24(A)(B)で示すように基板201上にMo又はCrで形成されたゲート電極202が形成され、窒化シリコン膜及び酸化シリコン膜を積層したゲート絶縁膜203が形成されている。その上に、非晶質珪素膜で形成された第1半導体領域204が形成されており、レーザービーム210の照射により結晶化領域205が形成される。

【0090】第1半導体領域を結晶化した後は、そこから活性層206を形成し、ソース及びドレイン領域の形成等、公知の方法に従えばボトムゲート型TFTを形成

することができる。本実施例における第1半導体領域の形成は、実施例1乃至実施例8のいずれの方法を組み合わせることができる。

【0091】【実施例9】実施例1乃至実施例8のいずれかに従い、連続発振レーザービームにより結晶化された第1半導体領域に対し、実施例5で説明したゲッタリング処理を行うことができる。ゲッタリングの方法は実施例5と同様に行えば良い。ゲッタリング処理を行うことで、結晶化に際して混入し偏析した金属不純物を除去することができる。

【0092】【実施例10】本実施例では、実施例1乃至実施例7により作製される活性層を用いて、CMOS型のTFTを作製する一例について、図19を参照して説明する。

【0093】図19(A)はガラス基板701、ブロッキング層702が形成された上に活性層703a、703b、ゲート絶縁膜704、ゲート電極705a、705bが形成された状態を示している。ゲート絶縁膜704はゲート絶縁膜907はプラズマCVD法を用いて、SiH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>OにO<sub>2</sub>を反応ガスとして酸化窒化珪素膜で形成し、80nmの厚さとする。活性層705a、705bは、結晶の配向率が高いため、その上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができ、それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。また、ゲート電極を形成する材料としては、Al、Ta、Ti、W、Moなどの導電性材料又はこれらの合金を適用し、400nmの厚さに形成する。Alをゲート電極とし、その表面を陽極酸化により酸化膜を形成して安定化しても良い。

【0094】図19(B)は不純物領域の形成であり、イオンドーピング法により、nチャネル型TFTに対するソース又はドレイン領域706、LDD領域707、及びpチャネル型TFTに対するソース又はドレイン領域708を形成する。

【0095】イオンドーピングにより、不純物元素を注入した領域は結晶性が破壊され、非晶質化する。結晶性の回復と、不純物元素の活性化による低抵抗化を実現するために、レーザー処理を行う。レーザー処理は本発明のレーザー処理装置によって行うことができる。また、水素雰囲気(還元雰囲気)中でレーザー照射を行って水素化を兼ねておこなっても良い。

【0096】その後、図19(C)に示すように窒化珪素膜又は酸化珪素膜で層間絶縁膜710を形成する。次いで、各半導体層の不純物領域に達するコンタクトホールを形成し、Al、Ti、Taなどを用いて配線712、713を形成する。さらに、窒化シリコン膜でパッシベーション膜711を形成する。

【0097】こうしてnチャネル型TFTとpチャネル型TFTを形成することができる。ここではそれぞれのTFTを単体として示しているが、これらのTFTを使

ってCMOS回路やNMOS回路、PMOS回路を形成することができる。本発明により形成される活性層はチャネル長方向と平行に結晶成長が成されるので、実質的にキャリアが横切る結晶粒界が無くなり、高い電界効果移動度を得ることができる。こうして作製されるTFTは、アクティブマトリクス型の液晶表示装置や発光素子を用いた表示装置を作製するためのTFTとして、また、ガラス基板上にメモリやマイクロプロセッサを形成するためのTFTとして用いることができる。

【0098】[実施例11]実施例10と同様に作製されるTFTを用いてアクティブマトリクス駆動型の表示装置を実現するためのTFT基板（TFTが形成された基板）の構成例を図20により説明する。図20では、nチャネル型TFT801、pチャネル型TFT802、nチャネル型TFT803を有する駆動回路部806と、nチャネル型TFT804、容量素子805とを有する画素部807が同一基板上に形成されている。

【0099】駆動回路部806のnチャネル型TFT801はチャネル形成領域862、ゲート電極810と一部が重なる第2不純物領域863とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域864を有している。pチャネル型TFT1802にはチャネル形成領域865、ゲート電極811と一部が重なる第4不純物領域866とソース領域又はドレイン領域として機能する第3不純物領域867を有している。nチャネル型TFT803にはチャネル形成領域868、ゲート電極812と一部が重なる第2不純物領域869とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域870を有している。このようなnチャネル型TFT及びpチャネル型TFTによりシフトレジスタ回路、バッファ回路、レベルシフト回路、ラッチ回路などを形成することができる。

【0100】これらのチャネル形成領域や不純物領域が形成される活性層は、実施例1乃至実施例7と同様に形成されるものである。活性層はチャネル長方向に、基板と平行に結晶成長されることにより、キャリアが結晶粒界を横切る確率が非常に低減する。それにより、高い電界効果移動度を得ることができ、極めて優れた特性を得ることができる。

【0101】画素部807の画素TFT804にはチャネル形成領域871、ゲート電極813の外側に形成される第2不純物領域872とソース領域又はドレイン領域として機能する第1不純物領域873を有している。また、容量素子805の一方の電極として機能する半導体膜には珪素が添加された第3不純物領域876が形成されている。容量素子805は、絶縁膜（ゲート絶縁膜と同一膜）を誘電体として、電極814と半導体膜806とで形成されている。尚、853～860は各種配線であり、861は画素電極に相当するものである。

【0102】これらのTFTは、チャネル形成領域や不

純物領域を形成する活性層の配向率が高く、平坦であるためその上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができる。それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。その結果、低電圧でTFTを駆動することが可能であり、消費電力を低減する利点がある。また、表面が平坦化されている為、電界が凸部に集中しないことにより、特にドレイン端において発生するホットキャリア効果に起因する劣化を抑制することが可能となる。また、ソース・ドレイン間を流れるキャリアの濃度分布はゲート絶縁膜との界面近傍において高くなるが、平滑化されているためキャリアが散乱されることなくスムーズに移動することができ、電界効果移動度を高めることができる。

【0103】このようなTFT基板から液晶表示装置を作製するためには、共通電極が形成された対向基板を3～8μm程度の間隔をもって設け、その間に配向膜、液晶層を形成すれば良い。これらは公知の技術を適用することができる。

【0104】図21はそのようなアクティブマトリクス基板の回路構成を示している。画素部901のTFT900を駆動する駆動回路部はデータ線駆動回路902、走査線駆動回路903であり、必要に応じてシフトレジスタ回路、バッファ回路、レベルシフト回路、ラッチ回路などが配置されている。この場合、走査線駆動回路902は映像信号を送り出すものであり、コントローラ904からの映像信号と、タイミングジェネレータ907からの走査線駆動回路用タイミング信号が入力される。データ線駆動回路903にはタイミングジェネレータ907からのデータ線駆動回路用タイミング信号が入力され、走査線に信号を出力する。マイクロプロセッサ906はコントローラ904の制御や、メモリ905への映像信号などのデータの書き込み、外部インターフェース908からの入出力、これらシステム全体の動作管理などを行う。

【0105】これらの回路を構成するためのTFTは本実施例で示すような構成のTFTで形成することが可能である。TFTのチャネル形成領域を形成する活性層を実質的に単結晶と見なせる領域とすることにより、TFTの特性を向上させ、様々な機能回路をガラスなどの基板上に形成することができる。

【0106】[実施例12]TFT基板を用いた他の実施例として、発光素子を用いた表示装置の一例を図面を参照して説明する。図22は各画素毎にTFTを配置して形成される表示装置の画素構造を上面図で示している。尚、図22において示すnチャネル型TFT2100、2102及びpチャネル型TFT2101は実施例10と同様の構成であり、本実施例では詳細な説明は省略する。

【0107】図22(A)は基板2001上にブロッキング層2002を介してnチャネル型TFT2100と

pチャネル型TFT2101が画素に形成された構成を示している。この場合、nチャネル型TFT2100はスイッチング用TFTであり、pチャネル型TFT2101は電流制御用TFTであり、そのドレイン側は発光素子2105の一方の電極と接続している。pチャネル型TFT2102は発光素子に流す電流を制御する動作を目的としている。勿論、一つの画素に設けるTFTの数に限定はなく、表示装置の駆動方式に従い適切な回路構成とすることが可能である。

【0108】図22(A)に示す発光素子2105は、陽極層2011、発光体を含む有機化合物層2012、陰極層2013から成り、その上にパッシベーション層2014が形成されている。有機化合物層は、発光層、正孔注入層、電子注入層、正孔輸送層、電子輸送層等が含まれる。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（蛍光）と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（リン光）があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含んでいる。

【0109】陽極を形成する材料は酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの仕事関数の高い材料を用い、陰極にはMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物で形成される仕事関数の低い材料を用いる。また、1~20nmの薄いフッ化リチウム層とAl層との組み合わせ、薄いセシウム層とAl層との組み合わせによって陰極を構成しても良い。陽極はpチャネル型TFT2102のドレイン側の配線2010と接続しており、陽極2011の端部を覆うように隔壁層2003が形成されている。

【0110】発光素子2105上にはパッシベーション膜2014が形成されている。パッシベーション層2014には窒化珪素、酸窒化珪素、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)など酸素や水蒸気に対しバリア性の高い材料を用いて形成する。このような構成により発光素子の発する光は陽極側から放射される構成となる。

【0111】一方、図22(B)は基板2001上にブロッキング層2002を介してnチャネル型TFT2100とnチャネル型TFT2102が画素に形成された構成を示している。この場合、nチャネル型TFT2100はスイッチング用TFTであり、nチャネル型TFT2102は電流制御用TFTであり、そのドレイン側は発光素子2106の一方の電極と接続している。

【0112】発光素子2106は、nチャネル型TFT2102のドレイン側に接続する配線2015上に陽極材料として酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの仕事関数の高い材料の膜を形成している。

【0113】陰極の構成は、1~2nmの低仕事関数の材料で形成される第1陰極層2018と、陰極層2018上に形成され、陰極の低抵抗化を図るために設ける第2

陰極層2019とで形成される。第1陰極層2018はセシウム、セシウムと銀の合金、フッ化リチウムの他にMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物で形成される。第2陰極層2019は、10~20nmのAl、Agなどの金属材料又は、10~100nmの酸化インジウムや酸化スズ、酸化亜鉛などの透明導電膜で形成される。発光素子2106上にはパッシベーション膜2020が形成されている。このような構成により発光素子の発する光は陰極側から放射される構成となる。

【0114】また、図22(B)における発光素子2106の他の形態として、nチャネル型TFT2102のドレイン側に接続する配線2015上に陰極材料としてセシウム、セシウムと銀の合金、フッ化リチウムの他にMgAg、AlMg、Ca、Mg、Li、AlLi、AlLiAgなどのアルカリ金属又はアルカリ土類金属、代表的にはマグネシウム化合物から成る陰極層2016、有機化合物層2017、1~2nm程度の薄い第1陽極層2018、透明導電膜で形成される第2陽極層2019とした構成とすることもできる。第1陽極層はニッケル、白金、鉛などの仕事関数の高い材料を真空蒸着法で形成する。

【0115】以上のようにしてアクティブマトリクス駆動の発光素子を用いた表示装置を作製することができる。これらのTFTは、チャネル形成領域や不純物領域を形成する活性層の配向率が高く、平坦であるためその上に形成するゲート絶縁膜の膜質のバラツキを少なくすることができる。それ故にTFTのしきい値電圧のバラツキを小さくすることができる。その結果、低電圧でTFTを駆動することが可能であり、消費電力を低減する利点がある。この表示装置においては、発光素子に接続する電流制御用にTFTに高い電流駆動能力が要求されるので、その用途に適している。また、ここでは示さないが、画素部の周辺に駆動回路部を設ける構成は、実施例10と同様にすれば良い。

【0116】[実施例13]本発明は様々な半導体装置に適用が可能である。このような半導体装置には、携帯情報端末(電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等)、ビデオカメラ、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ受像器、携帯電話、投影型表示装置等が挙げられる。それらの一例を図26と図27に示す。

【0117】図26(A)は本発明を適用してテレビ受像器を完成させる一例であり、筐体3001、支持台3002、表示部3003等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3003に適用され、本発明によりテレビ受像器を完成させることができる。

【0118】図26(B)は本発明を適用してビデオカメラを完成させた一例であり、本体3011、表示部30

12、音声入力部3013、操作スイッチ3014、バッテリー3015、受像部3016等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3012に適用され、本発明によりビデオカメラを完成させることができる。

【0119】図26(C)は本発明を適用してノート型のパーソナルコンピュータを完成させた一例であり、本体3021、筐体3022、表示部3023、キーボード3024等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3023に適用され、本発明によりパーソナルコンピュータを完成させることができる。

【0120】図26(D)は本発明を適用してPDA(Personal Digital Assistant)を完成させた一例であり、本体3031、スタイラス3032、表示部3033、操作ボタン3034、外部インターフェイス3035等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3033に適用され、本発明によりPDAを完成させることができる。

【0121】図26(E)は本発明を適用して音響再生装置を完成させた一例であり、具体的には車載用のオーディオ装置であり、本体3041、表示部3042、操作スイッチ3043、3044等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3042に適用され、本発明によりオーディオ装置を完成させることができる。

【0122】図26(F)は本発明を適用してデジタルカメラを完成させた一例であり、本体3051、表示部(A)3052、接眼部3053、操作スイッチ3054、表示部(B)3055、バッテリー3056等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部(A)3052および表示部(B)3055に適用され、本発明によりデジタルカメラを完成させることができる。

【0123】図26(G)は本発明を適用して携帯電話を完成させた一例であり、本体3061、音声出力部3062、音声入力部3063、表示部3064、操作スイッチ3065、アンテナ3066等により構成されている。本発明により作製されるTFT基板は表示部3064に適用され、本発明により携帯電話を完成させることができる。

【0124】図27(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置2601、スクリーン2602等を含む。図27(B)はリア型プロジェクターであり、本体2701、投射装置2702、ミラー2703、スクリーン2704等を含む。

【0125】尚、図27(C)は、図27(A)及び図27(B)中における投射装置2601、2702の構造の一例を示した図である。投射装置2601、2702は、光源光学系2801、ミラー2802、2804

～2806、ダイクロイックミラー2803、プリズム2807、液晶表示装置2808、位相差板2809、投射光学系2810で構成される。投射光学系2810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図27(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0126】また、図27(D)は、図27(C)中における光源光学系2801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系2801は、リフレクター2811、光源2812、レンズアレイ2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で構成される。なお、図27(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0127】図28は電子書籍であり、本体3101、表示部A3102、表示部B3103、記憶媒体3104、操作スイッチ3105、アンテナ3106等により構成されている。表示部B3103は電子インクディスプレイを適用することも可能であり、本発明により作製されるTFT基板は表示部A3102、表示部B3103の駆動回路及び画素部を形成することが可能であり、本発明により電子書籍を完成させることができる。

【0128】尚、ここで例示する電子装置はごく一例であり、これらの用途に限定するものではないことを付記する。

【0129】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、第1半導体領域を形成し、連続発振レーザービームの走査方向とTFTにおけるチャネル長方向とを概略一致させることにより、結晶方位が単一配向となり、電界効果移動度を向上させることができる。また、結晶面が制御された種結晶が形成をシード領域を設けることにより、単一配向の活性層を形成することが可能となり、トップゲート型TFTにおいては、その上に形成するゲート絶縁膜の膜質がばらつくことが無くなり、しきい値電圧のバラツキを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体装置の作製方法の概念を説明する図。

【図2】 本発明に係る結晶化工程の詳細を説明する図。

【図3】 本発明に係る結晶化工程の詳細を説明する図。

【図4】 本発明に係る結晶化工程の詳細を説明する図。

【図 5】 本発明に適用するレーザー照射装置の一態様を示す配置図。

【図 6】 本発明に適用するレーザー照射装置の一態様を示す配置図。

【図 7】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 8】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 9】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 10】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 11】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

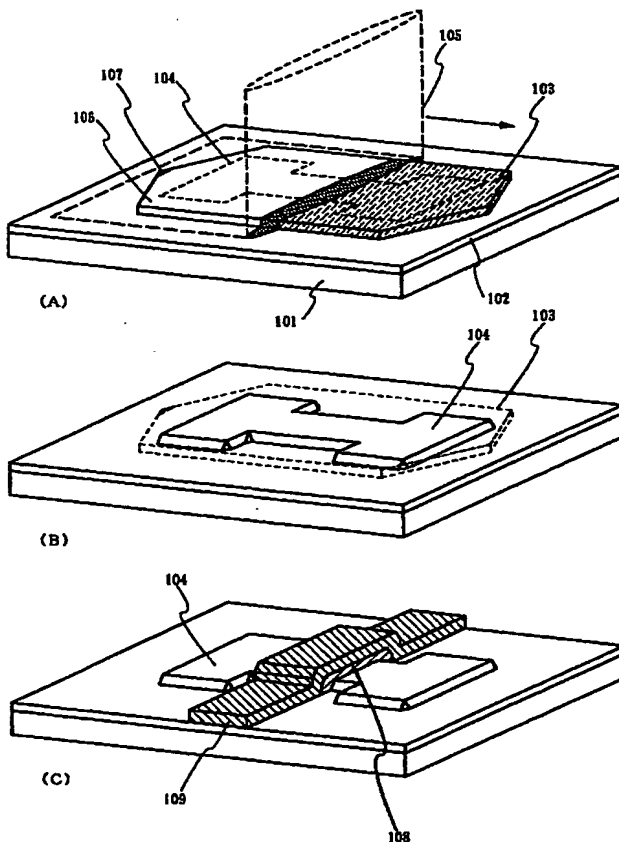
【図 12】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 13】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 14】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 15】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 1】



【図 16】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 17】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 18】 本発明に係る結晶化工程の一実施例を説明する図。

【図 19】 TFT の作製工程を説明する断面図。

【図 20】 TFT 基板の構成を示す断面図。

【図 21】 TFT 基板の回路構成の一例を示すブロック図。

【図 22】 発光素子を設けた半導体装置の画素の構成を示す断面図。

【図 23】 本発明に適用するレーザー照射装置の一態様を示す配置図。

【図 24】 ボトムゲート型の TFT に対応する活性層の作製工程を説明する断面図。

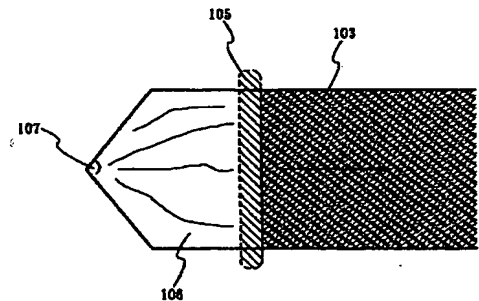
【図 25】 TFT 基板の構成と、TFT を構成する半導体領域の配置とレーザービームの走査方向の関係を説明する図。

【図 26】 半導体装置の一例を示す図。

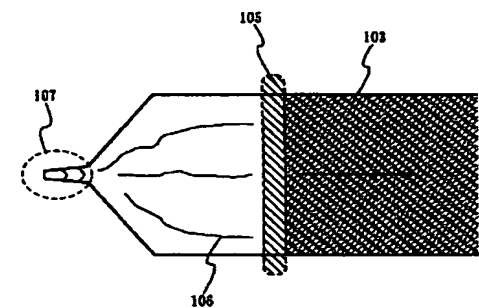
【図 27】 半導体装置の一例を示す図。

【図 28】 半導体装置の一例を示す図。

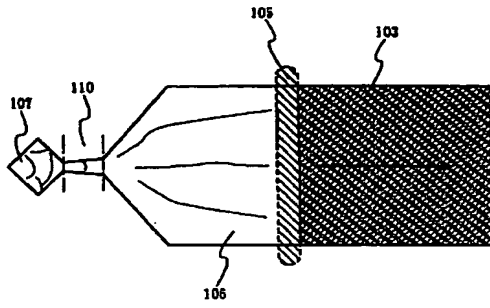
【図 2】



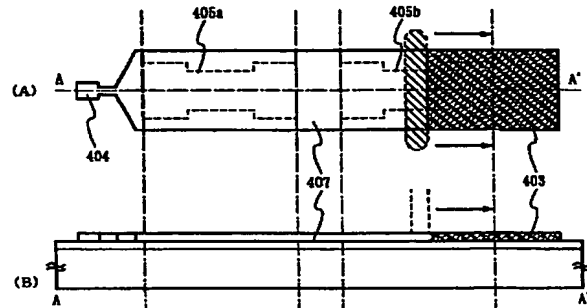
【図 3】



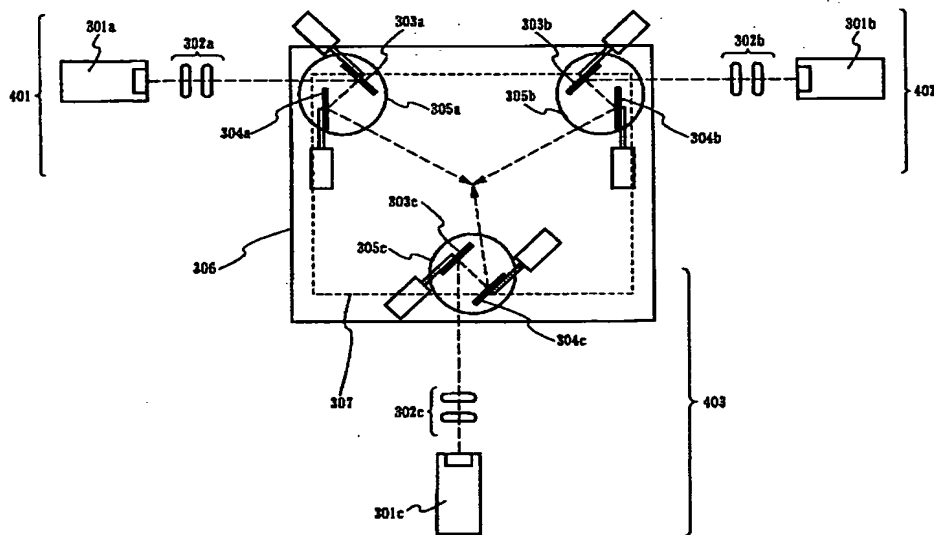
【図 4】



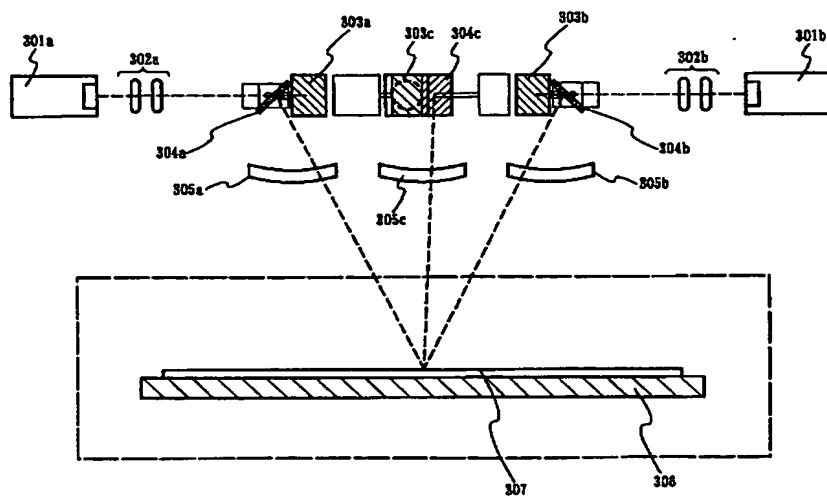
【図 8】



【図 5】

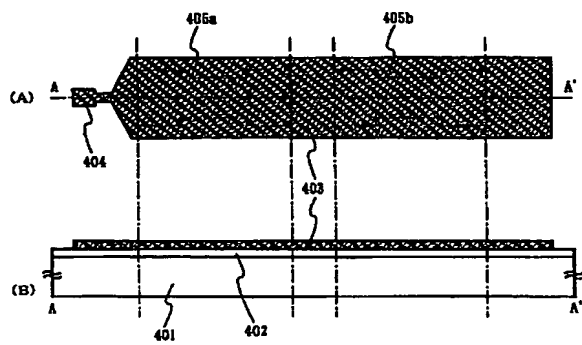


【図 6】

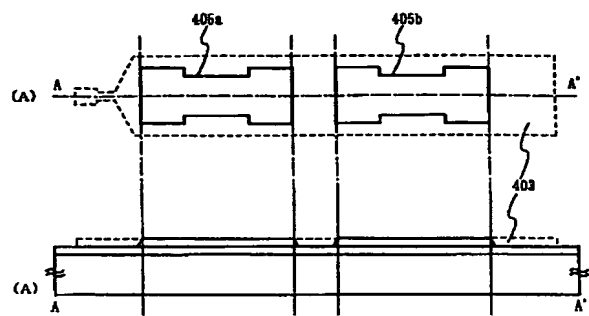




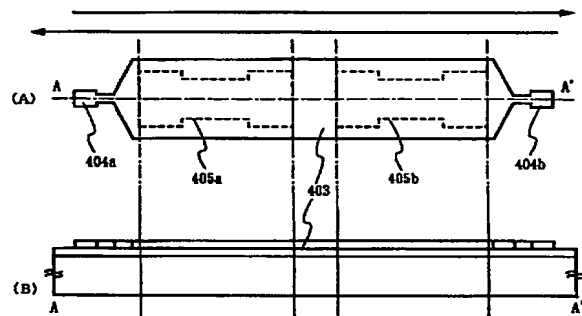
【図 7】



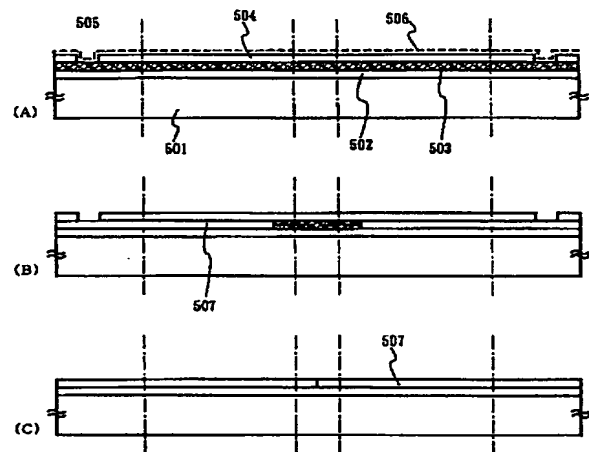
【図 9】



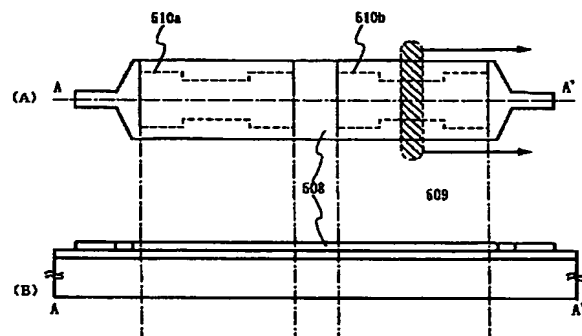
【図 10】



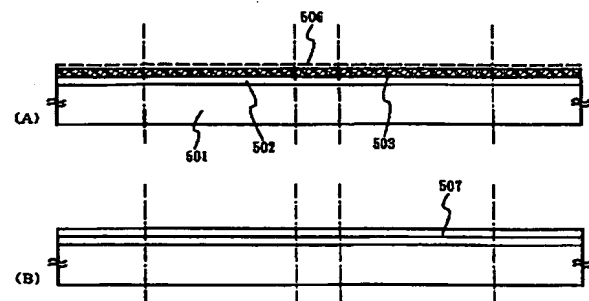
【図 11】



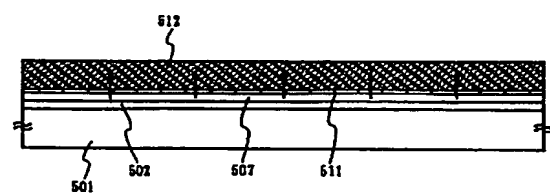
【図 12】



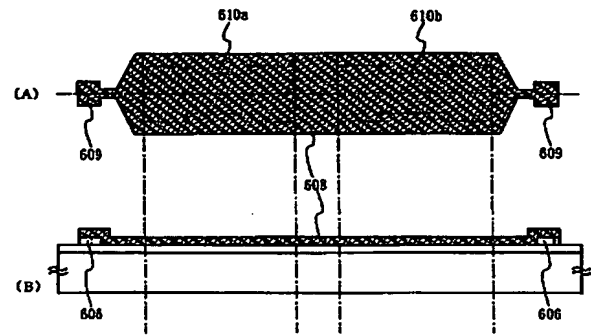
【図 13】



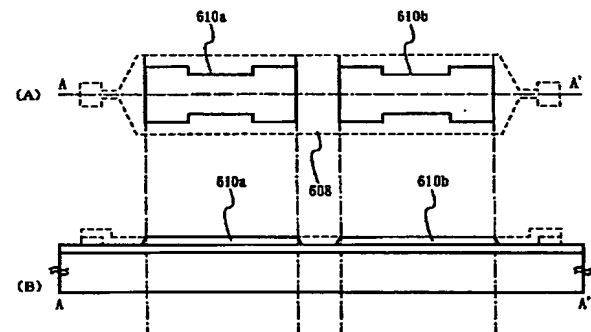
【図 14】



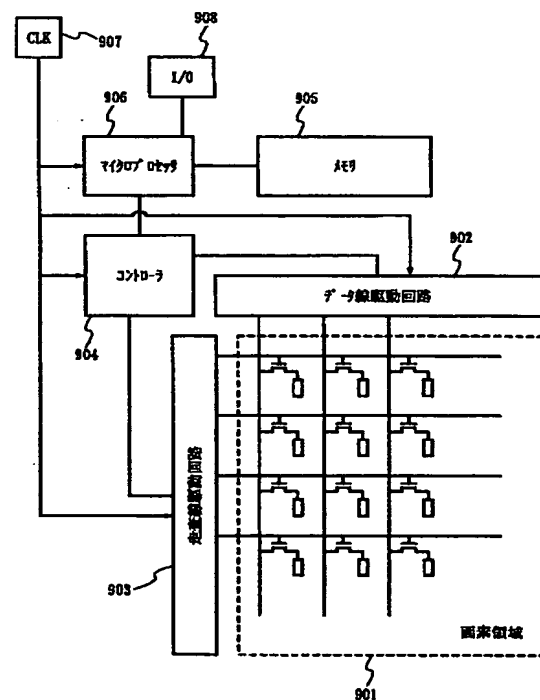
【図 16】



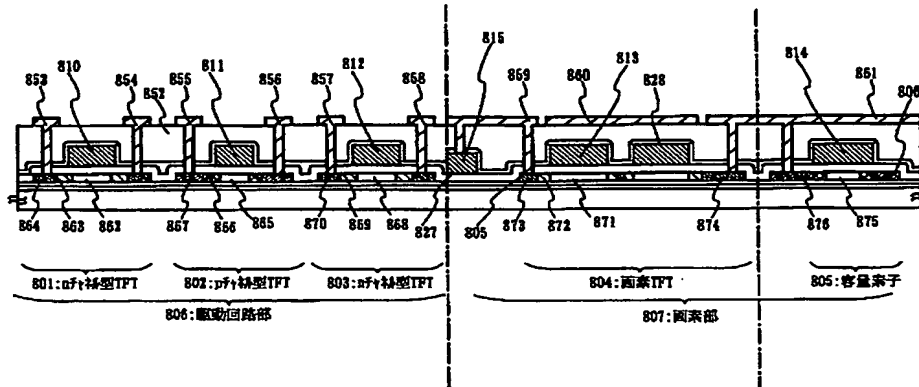
【図 17】



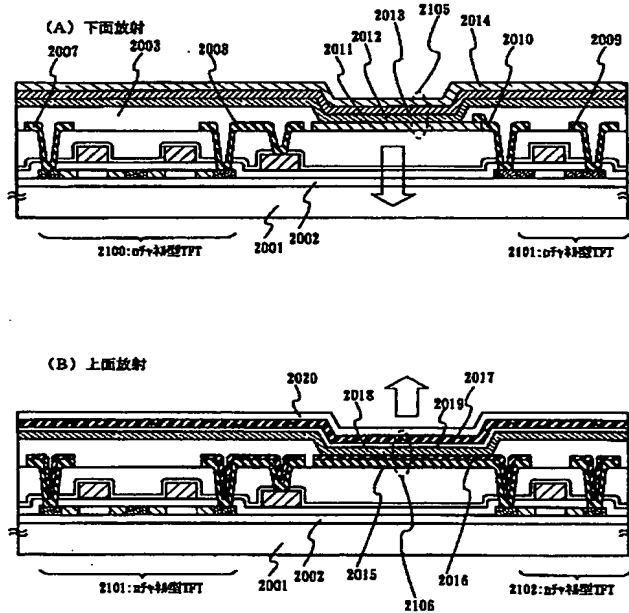
【图 2 1】



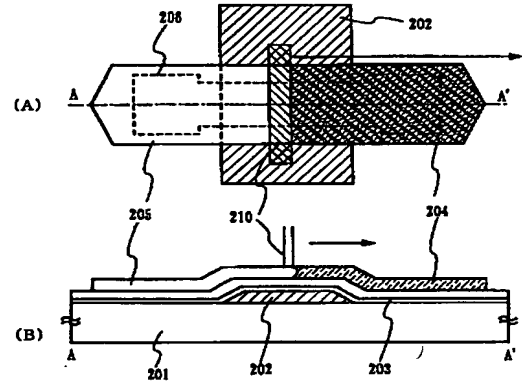
【図20】



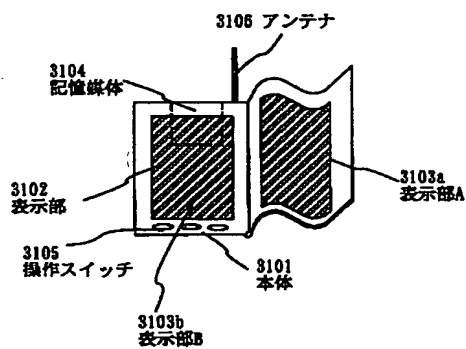
【図22】



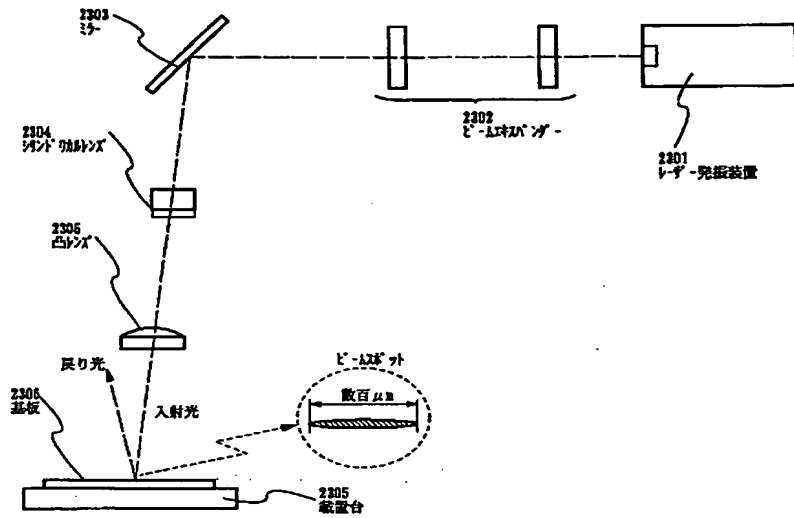
【図24】



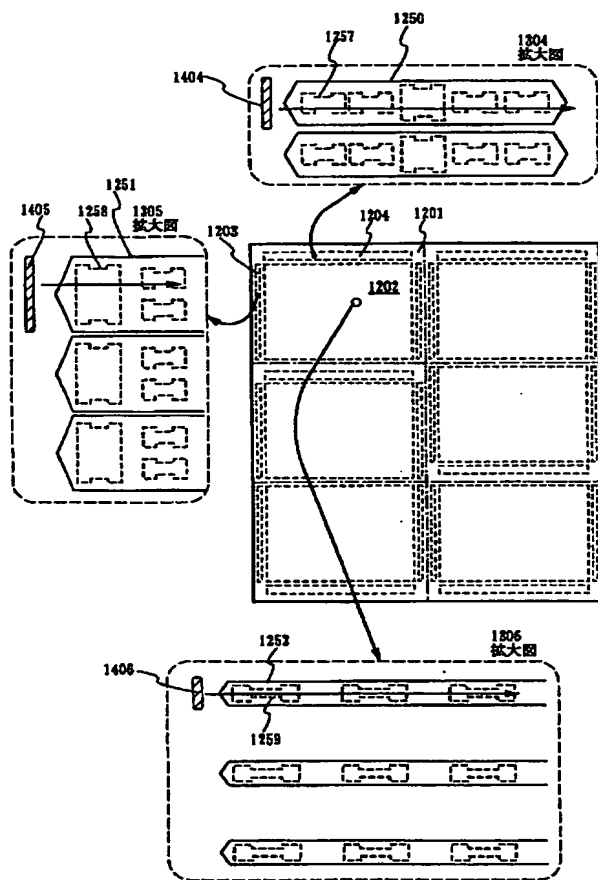
【図28】



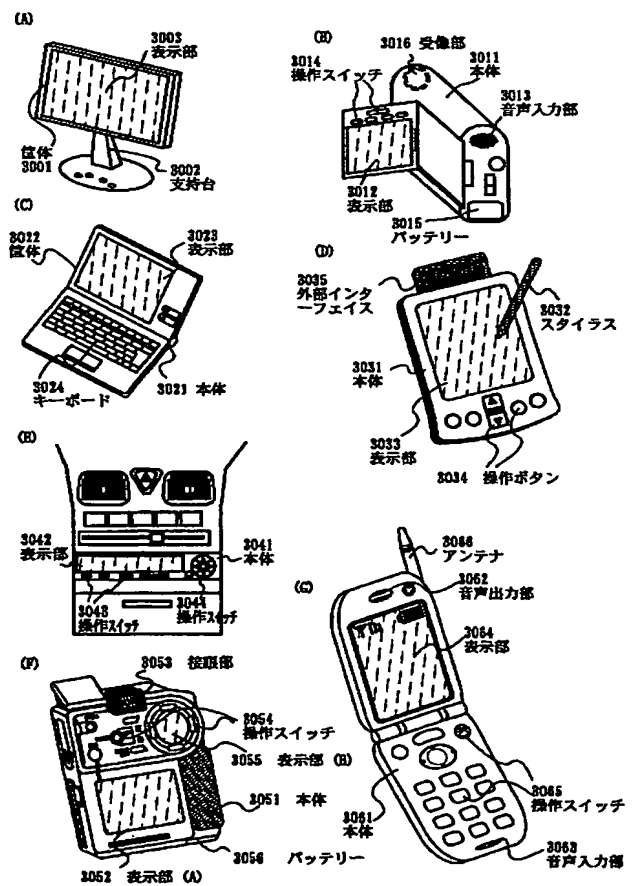
【図 23】



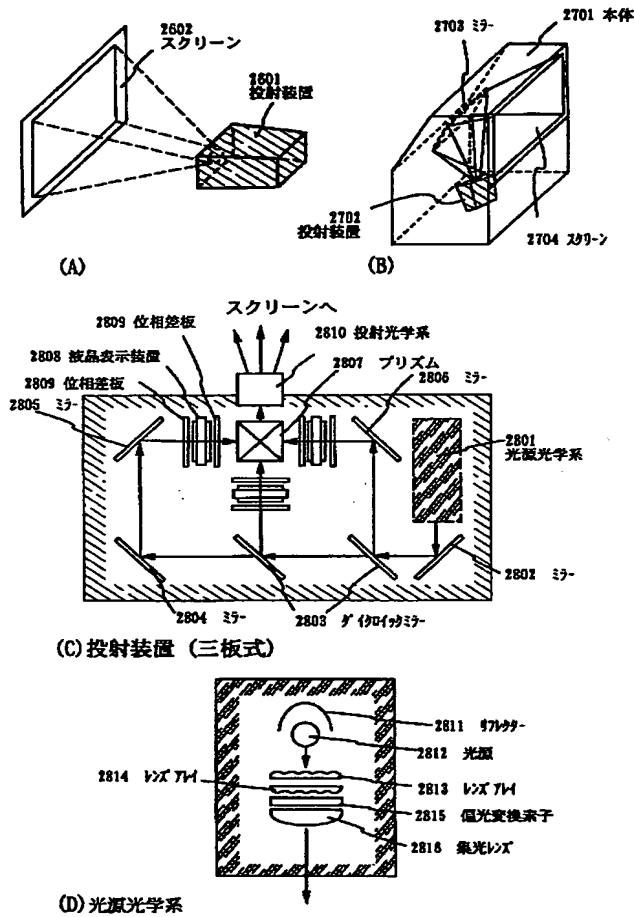
【図 25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F052 AA02 BA01 BB01 BB02 BB04  
DA02 DB03 EA16 FA02 FA06  
FA22 JA01

5F110 AA01 AA08 BB02 BB04 BB05  
CC02 CC07 DD02 DD03 DD05  
DD15 EE03 EE04 EE06 EE34  
FF02 FF03 FF04 FF09 FF30  
GG01 GG02 GG13 GG17 GG25  
GG33 GG34 GG45 HJ12 HJ23  
HL03 HL04 HM15 NN02 NN23  
NN24 NN73 PP01 PP03 PP04  
PP05 PP06 PP07 PP10 PP23  
PP24 PP29 PP34 PP35 PP36  
PP40 QQ11 QQ19 QQ24 QQ28

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**